

© EPDOC / EPO

PN - JP5195746 A 19930803
PD - 1993-08-03
PR - JP19920006392 19920117
OPD - 1992-01-17
TI - NOISE REDUCTION DEVICE
IN - OGAWA SUMIO
PA - TOYOTA MOTOR CORP
IC - F02M35/12 ; F01N1/02

© PAJ / JPO

PN - JP5195746 A 19930803
PD - 1993-08-03
AP - JP19920006392 19920117
IN - OGAWA SUMIO
PA - TOYOTA MOTOR CORP
TI - NOISE REDUCTION DEVICE
AB - PURPOSE: To reduce noise to a great extent with good
responsiveness regardless of noise frequencies by absorbing the
noise generated in a fluid passage using a Helmholtz resonator with
variable resonance frequency.
- CONSTITUTION: A cavity 4 is connected through a communication
pipe 3 to the exhaust passage 1 of internal combustion engine, and
a Helmholtz resonator 5 is formed from these pipe 3 and cavity 4. In
the pipe 3 a piston 8 with variable resonance frequency is installed
which is moved in the axial direction of the pipe 3 by a linear
actuator 10. The inner all of the pipe 3 is formed cylindrically, and
the outer wall of the piston 8 is embodied in bullet head form so that
the resonance frequency of the resonator 5 varies linearly in
accordance with the insertion length L of the piston 8, which is
inserted in the pipe 3. The insertion length L of the piston 8 is
controlled so that the resonance frequency of the resonator 5 is
identical to the primary frequency of the exhaust noise generated
by combustion in the body of the engine.
I - F01N1/02 ; F02M35/12

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平5-195746

(43) 公開日 平成5年(1993)8月3日

| (51) IntCl. ⁵ | 識別記号 | 庁内整理番号 | F I | 技術表示箇所 |
|--------------------------|------|---------|-----|--------|
| F 0 1 N 1/02 | A | 7114-3G | | |
| | E | 7114-3G | | |
| F 0 2 M 35/12 | C | 9247-3G | | |

審査請求 未請求 請求項の数1(全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平4-6392

(22) 出願日 平成4年(1992)1月17日

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 小川 澄雄

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

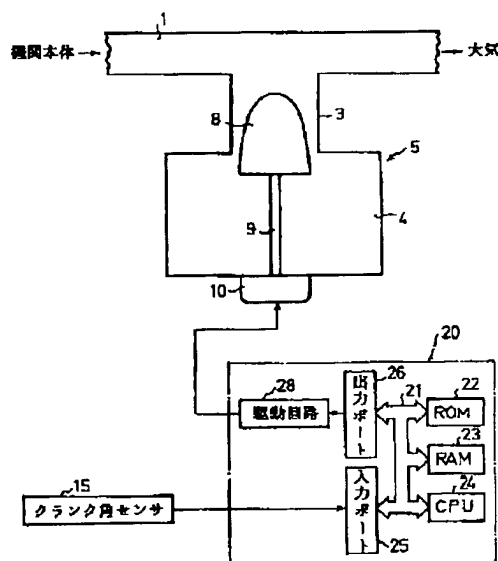
(74) 代理人 弁理士 青木 朗 (外4名)

(54) 【発明の名称】 騒音低減装置

(57) 【要約】

【目的】 流体通路内に発生した騒音を共鳴周波数可変のヘルムホルツの共鳴器を用いて吸収するようにした騒音低減装置において、騒音の周波数によらず騒音を応答性良くかつ大幅に低減する。

【構成】 内燃機関の排気通路1に連通管3を介して空洞室4を接続し、連通管3と空洞室4とによりヘルムホルツの共鳴器5を形成する。連通管3内にリニアアクチュエータ10によって連通管3の軸線方向に移動せしめられる共鳴周波数可変ピストン8を配置する。連通管3の内壁面を円筒形状に形成し、ピストン8の外壁面を共鳴器5の共鳴周波数が連通管3内に挿入されたピストン8の挿入長しに応じて線形に変化するようになる弾頭形状に形成する。共鳴器5の共鳴周波数が機関本体の爆発燃焼による排気騒音の1次周波数に一致するようにピストン8の挿入長しを制御する。



1...排気通路 5...共鳴器
3...連通管 8...ピストン
4...空洞室 10...リニアアクチュエータ

【特許請求の範囲】

【請求項1】 空洞室を連通管を介して流体通路内に連通せしめて該空洞室と該連通管とにより該流体通路内に発生した騒音を吸収するための共鳴器を形成し、該連通管内にアクチュエータによって連通管の軸線方向に移動せしめられるピストンを配置して連通管内に挿入されたピストンの挿入長を制御することにより該共鳴器の共鳴周波数を変化せしめ、該流体通路内に発生した騒音の周波数を検出する騒音検出手段を具備し、該共鳴器の共鳴周波数が該騒音検出手段により検出された騒音の周波数に一致するようにピストンの上記挿入長を制御するようにした騒音低減装置において、上記連通管の内壁面を円筒形状に形成すると共に上記ピストンの外壁面を上記共鳴器の共鳴周波数がピストンの上記挿入長に応じて線形に変化するようになる弾頭形状に形成した騒音低減装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は騒音低減装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 空洞室を連通管を介して内燃機関の吸気通路内に連通せしめて空洞室と連通管とにより吸気通路内に発生した騒音を吸収するためのヘルムホルツの共鳴器を形成し、連通管内にアクチュエータによって連通管の軸線方向に移動せしめられるピストンを配置し、共鳴器の共鳴周波数が機関回転数に応じて変化する吸気騒音の周波数に一致するように連通管内に挿入されたピストンの挿入長を制御するようにした騒音低減装置が公知である（特公平3-3068号公報参照）。この騒音低減装置では機関回転数によらずに吸気騒音が共鳴器内での共鳴によって吸収され、斯くして吸気騒音が良好に低減される。なお、この騒音低減装置では連通管の内壁面がテーパ形状に形成されると共にピストンの外壁面が連通管内壁面のテーパ形状と同一方向かつ同一角度のテーパを有するテーパ形状に形成されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら上述の騒音低減装置では共鳴器の共鳴周波数が連通管内に位置するピストン部分の軸線方向長さ、即ち連通管内に挿入されたピストンの挿入長に応じて複雑に変化する。即ち、ピストン挿入長の制御量に対して共鳴器の共鳴周波数が急激に変化する周波数領域が存在する。このように共鳴器の共鳴周波数が急激に変化する周波数領域では共鳴周波数が吸気騒音の周波数に精度良く一致するようにピストン挿入長を制御することが困難となり、その結果共鳴器による良好な騒音低減作用が確保できないという問題を生ずる。

【0004】 また、上述のようにピストン挿入長に対する共鳴器の共鳴周波数の関係が複雑な関数の形になるので、共鳴器の共鳴周波数が機関回転数に応じて変化する

吸気騒音の周波数に一致するようにピストン挿入長を制御するためには複雑な関数計算をその都度行う必要がある。その結果、このピストン挿入長の複雑な関数制御をソフトウェアにより実施する場合には複雑な関数計算に時間がかかり、その結果吸気騒音の周波数の変化に対して共鳴器の共鳴周波数を応答性良く追従させることができず、斯くして十分な騒音低減作用を確保できないという問題を生ずる。一方、このピストン挿入長の複雑な関数制御をハードウェアにより実施する場合には演算制御回路が複雑になり、その結果コストの上昇を招いてしまうという問題を生ずる。

【0005】

【課題を解決するための手段】 上記問題点を解決するために本発明によれば、空洞室を連通管を介して流体通路内に連通せしめて空洞室と連通管とにより流体通路内に発生した騒音を吸収するための共鳴器を形成し、連通管内にアクチュエータによって連通管の軸線方向に移動せしめられるピストンを配置して連通管内に挿入されたピストンの挿入長を制御することにより共鳴器の共鳴周波数を変化せしめ、流体通路内に発生した騒音の周波数を検出する騒音検出手段を具備し、共鳴器の共鳴周波数が騒音検出手段により検出された騒音の周波数に一致するようにピストンの挿入長を制御するようにした騒音低減装置において、連通管の内壁面を円筒形状に形成すると共にピストンの外壁面を共鳴器の共鳴周波数がピストンの挿入長に応じて線形に変化するようになる弾頭形状に形成している。

【0006】

【作用】 共鳴器の共鳴周波数が流体通路内に発生した騒音の周波数に一致するようにピストンの挿入長が制御される。斯くして流体通路内に発生した騒音により共鳴器内の流体が共鳴せしめられ、これにより騒音が吸収される。このとき共鳴器の共鳴周波数はピストンの挿入長に応じて線形に変化する。

【0007】

【実施例】 図1に本発明を内燃機関の排気通路内に発生する騒音の低減に適用した場合を示す。図1を参照すると、1は機関排気通路を示し、図1において排気通路1の左側は図示しない触媒コンバータを介して機関本体に接続されており、一方排気通路1の右側は大気に開放されている。排気通路1には円筒状の連通管3を介して、大径の円筒状の閉鎖空間を形成する空洞室4が接続されている。従って連通管3と空洞室4とはヘルムホルツの共鳴器5を形成している。図1に示されるように連通管3の内壁面が円筒形状に形成されると共に空洞室4が大径の円筒形状に形成され、連通管3と空洞室4とは同軸上に配置されている。

【0008】 共鳴器5内には連通管3と空洞室4の共通軸線上に共鳴周波数可変ピストン8が配置される。この共鳴周波数可変ピストン8はシャフト9を介して、連通

3

管3と反対側に位置する空洞室4壁面の中心部上に配置されたりニアアクチュエータ10に連結される。従ってリニアアクチュエータ10が駆動されると共鳴周波数可変ピストン8とシャフト9とが一体的に連通管3の軸線方向、即ち図1において上下方向に移動せしめられる。斯くして連通管3領域内に位置する共鳴周波数可変ピストン8部分の軸線方向長さL、即ち連通管3領域内に挿入された共鳴周波数可変ピストン8の挿入長L（図2参照）が変化せしめられ、その結果ヘルムホルツの共鳴器5の共鳴周波数 f_r が変化せしめられる。図1に示されるように共鳴周波数可変ピストン8の外壁面は弾頭形状に形成されており、この形状については後述する。リニアアクチュエータ10は電子制御ユニット20の出力信号に基づいて制御される。

【0009】電子制御ユニット20はデジタルコンピュータからなり、双方向性バス21によって互いに接続されたROM（リードオンリメモリ）22、RAM（ランダムアクセスメモリ）23、CPU（マイクロプロセッサ）24、入力ポート25および出力ポート26を具備する。入力ポート25には機関クランクシャフト（図示しない）が例えば30度回転する毎に出力パルスが発生するクランク角センサ15が接続される。CPU24ではクランク角センサ15の出力パルスに基づいて機関*

*回転数N（rpm）が計算される。一方、出力ポート26は駆動回路28を介してリニアアクチュエータ10に接続される。

【0010】次に図2を参照して、図1に示す実施例のように空洞室4と連通管3とから形成されるヘルムホルツの共鳴器5が流体通路30内に連通せしめられると共に連通管3内に共鳴周波数可変ピストン32が連通管3の軸線方向に移動可能に配置された場合について、連通管3領域内に挿入された共鳴周波数可変ピストン32の挿入長Lと共鳴器5の共鳴周波数 f_r との関係について説明する。なお図2において連通管3の内壁面は図1に示す実施例と同様に円筒形状をなし、共鳴周波数可変ピストン32はその軸線に関し回転対称形状をなし、この共鳴周波数可変ピストン32は連通管3の軸線上に配置されている。

【0011】図2においてヘルムホルツの共鳴器5の共鳴周波数 f_r は、連通管3の内壁面と共鳴周波数可変ピストン32の外壁面とにより形成される連通路の音響質量を m 、空洞室4の音響容量を C とすると次式（1）で表わされる。

【0012】

【数1】

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{mC}} \quad \dots (1)$$

【0013】また音響容量 C は次式（2）で表わされる。

※【0014】

※【数2】

$$C = \frac{V}{\rho c^2} \quad \dots (2)$$

【0015】ここで c は音速、 ρ は流体の密度、 V は空洞室4の容積を示す。従って式（2）を式（1）に代入することにより次式（3）が得られる。★

★【0016】

【数3】

$$f_r = \frac{c\sqrt{\rho}}{2\pi\sqrt{mV}} \quad \dots (3)$$

【0017】また図2に示されるように流体通路30側の連通管3の開端口の音響質量 m に関する開端口補正領域3aの端面と連通管3の軸線との交点を座標軸の原点O、連通管3の軸線を x 座標軸、連通管3の半径方向に☆

☆延びる座標軸を y 座標軸とすると、音響質量 m は次式（4）で表わされる。

【0018】

【数4】

$$m = \rho \int_0^h \frac{dx}{S(x)} \quad \dots (4)$$

【0019】ここで h は流体通路30側の連通管3の音響質量 m に関する開端口補正領域3aの端面から空洞室4側の連通管3の開端口補正領域3bの端面までの距離、 $S(x)$ は x 座標位置が x において連通管3内壁面と共鳴周波数可変ピストン32外壁面間に形成される連通路の断面積を示す。上述のように共鳴周波数可変ピス

トン32は x 軸に関して回転対称形状をなすので x 座標位置が x における共鳴周波数可変ピストン32の外壁面の半径を $g(x)$ とすると、連通路の断面積 $S(x)$ は次式（5）で表わされる。

【0020】

$$S(x) = \pi \{a^2 - g^2(x)\} \quad \dots (5)$$

ここでaは連通路の外径を示す。従って式(5)を式(4)に代入することにより次式(6)が得られる。 * 【0021】
* 【数5】

$$m = \frac{\rho}{\pi} \int_0^h \frac{dx}{\{a^2 - g^2(x)\}} \quad \dots (6)$$

【0022】なお、音響質量mの値に関与する連通管3領域内に位置する共鳴周波数可変ピストン32部分の軸線方向長さをしとすると、即ち連通管3の開口端補正領域3bの端面から共鳴周波数可変ピストン32の先端までの距離をしとすると、即ち連通管3領域内に挿入され共鳴周波数可変ピストン32の挿入長をしとすると、※

※ $x < (h-L)$ の領域内では $g(x) = 0$ である。従って式(6)を式(3)に代入することにより共鳴器5の共鳴周波数 f_r は次式(7)で表わされる。

【0023】
* 【数6】

$$f_r = \frac{c}{2\sqrt{\pi}} \cdot \frac{1}{\sqrt{V \int_0^h \frac{dx}{\{a^2 - g^2(x)\}}}} \quad \dots (7)$$

【0024】従って、連通管3領域内に挿入された共鳴周波数可変ピストン32の挿入長 L が変化すると式(6)からわかるように音響質量 m が変化せしめられ、その結果式(3)および式(7)からわかるように共鳴器5の共鳴周波数 f_r が変化せしめられる。従って図1に示す実施例においてリニアアクチュエータ10によって共鳴周波数可変ピストン8の位置、即ち連通管3領域内に挿入された共鳴周波数可変ピストン8の挿入長 L を制御することにより共鳴器5の共鳴周波数 f_r を変化させることができる。

【0025】次に図3に3種類の外形形状を有する共鳴周波数可変ピストンを用いた場合について連通管3領域内に挿入された共鳴周波数可変ピストンの挿入長 L と共鳴器5の共鳴周波数 f_r との関係を調べた実験結果を示す。図3において連通管3の内径は5.8mmであり、連通管3の長さは120mmである。図3において△印は底面の直径が5.4mmの円錐形状をなす共鳴周波数可変ピストン32aを用いた場合の実験結果を示し、実線はこの共鳴周波数可変ピストン32aを用いた場合の上述の式(7)に基づいた計算結果を示す。図3からわかるようにこれらの実験結果と計算結果とはよく一致しており、共鳴周波数可変ピストン32aの挿入長 L と共鳴器5の★

★共鳴周波数 f_r との関係は横軸に挿入長 L 、縦軸に共鳴周波数 f_r をとったときに上方に凸の湾曲形状をなす。一方、図3において□印は外径が5.4mmの円柱形状をなす共鳴周波数可変ピストン32bを用いた場合の実験結果を示し、破線はこの共鳴周波数可変ピストン32bを用いた場合の式(7)に基づいた計算結果を示す。図3からわかるようにこれらの実験結果と計算結果とはよく一致しており、共鳴周波数可変ピストン32bの挿入長 L と共鳴器5の共鳴周波数 f_r との関係は下方に凸の湾曲形状をなす。

【0026】一方、図3において○印は外方に凸の弾頭形状をなす共鳴周波数可変ピストン8を用いた場合の実験結果を示す。共鳴周波数可変ピストン8はその軸線に関して回転対称形状をなし、共鳴周波数可変ピストン8の軸線を x 座標軸、共鳴周波数可変ピストン8の先端を座標軸の原点、この座標軸の原点から共鳴周波数可変ピストン8の半径方向外方に延びる座標軸を y 座標軸とすると、共鳴周波数可変ピストン8の半径 y は次式(8)で表わされる。

【0027】
* 【数7】

$$y = 0.41n(20x+1) + 0.5 \quad \dots (8)$$

【0028】なお、式(8)において x および y の単位系はcmである。即ち、共鳴周波数可変ピストン8の外壁面は式(8)で表わされる曲線を x 軸回りに回転させて得られる弾頭形状をなす。なお、この弾頭形状をなす共鳴周波数可変ピストン8の最大径部分の直径は5.4mmである。図3からわかるように共鳴周波数可変ピストン8の挿入長 L が増大するにつれて共鳴器5の共鳴周波数 f_r がほぼ線形をなして低下する。図1に示す実施例において連通管3の内径は図3と同様に5.8mmであり、連通管3の長さは図3と同様に120mmであり、共鳴周波数

可変ピストン8の外壁面はその半径が式(8)で表わされる弾頭形状をなす。従って図1に示す実施例において共鳴器5の共鳴周波数 f_r は連通管3領域内に挿入された共鳴周波数可変ピストン8の挿入長 L に応じて線形に変化せしめられる。

【0029】次に図1および図4を参照して、排気通路1内に発生した騒音の低減方法について説明する。図1および図4に示す実施例では機関本体の爆発燃焼により発生する排気騒音の1次周波数成分を消音するようにしている。この機関本体の爆発燃焼による排気騒音の1次

7

周波数成分は排気通路1内に発生する騒音の主成分であり、その周波数 f_n (Hz)は機関本体の全気筒当り1秒間に発生する爆発燃焼の回数に等しい。即ち排気騒音の1次周波数 f_n は次式(9)で表わせる。

$$f_n = (N/60) \times (2/z) \times n \quad \dots (9)$$

ここで z は機関のサイクル数であり、 n は機関の気筒数である。式(9)からわかるように排気騒音の1次周波数 f_n は機関回転数 N のみに支配される。従って、クランク角センサ15の出力信号から求まる機関回転数 N (rpm)に基づいて排気騒音の1次周波数 f_n を算出することができる。

【0031】図4は本実施例における騒音低減のための制御ルーチンを示している。この制御ルーチンは一定クランク角間隔毎の割込みによって実行される。図4を参照するとまず始めにステップ40において、クランク角センサ15の出力信号から求まる機関回転数 N から式(9)に基づいて排気騒音の1次周波数 f_n が算出される。次いでステップ41では共鳴器5の共鳴周波数 f_r が排気騒音の1次周波数 f_n に等しくなるようにするために連通管3領域内への共鳴周波数可変ピストン8の目標挿入長 L が図3に鎖線で示す関係に基づいて算出される。次いでステップ42では共鳴周波数可変ピストン8の挿入長 L を目標挿入長 L にすべくリニアアクチュエータ10が駆動される。

【0032】斯くして、機関運転状態に拘らず常に共鳴器5の共鳴周波数 f_r が機関本体の爆発燃焼による排気騒音の1次周波数 f_n に一致せしめられる。その結果、排気騒音の1次周波数成分により共鳴器5内の空気が共鳴せしめられ、この共鳴により排気騒音が良好に吸収される。斯くして排気騒音が良好に低減される。このとき共鳴器5の共鳴周波数 f_r は図3において鎖線で示すように弾頭形状をなす共鳴周波数可変ピストン8の挿入長 L に応じて線形に変化する。即ち、共鳴器5の共鳴周波数 f_r は共鳴周波数可変ピストン8の挿入長 L に応じて一様に変化し、従って挿入長 L の制御量に対して共鳴器5の共鳴周波数 f_r が急激に変化してしまうような周波数領域が存在しない。その結果、排気騒音の1次周波数 f_n によらず常に共鳴器5の共鳴周波数 f_r が排気騒音の1次周波数 f_n に精度良く一致するように共鳴周波数可変ピストン8の挿入長 L を正確に制御することができる。従って排気騒音の1次周波数 f_n によらず常に排気騒音を共鳴器5内での共鳴によって良好に吸収することができる。

【0033】また、共鳴器5の共鳴周波数 f_r が共鳴周波数可変ピストン8の挿入長 L に応じて線形に変化するので、図4に示すステップ41において目標挿入長 L を算出する際に複雑な関数計算を行う必要がない。従って目標挿入長 L の算出時間が短くて済み、斯くして機関回転数 N に応じて変化する排気騒音の1次周波数 f_n

8

に対して共鳴器5の共鳴周波数 f_r を応答性良くかつ容易に追従させることができ、その結果排気騒音を良好に低減させることができる。

【0034】なお、式(9)に示されるように排気騒音の1次周波数 f_n は機関回転数 N のみに支配される。従って図4に示すステップ40およびステップ41の代わりに、機関回転数 N に対する共鳴周波数可変ピストン8の目標挿入長 L の関係を予めROM22内に記憶しておき、クランク角センサ15の出力信号から求まる機関回転数 N に基づいてこのROM22内に記憶されているデータから共鳴周波数可変ピストン8の目標挿入長 L を直接算出するようにしてもよい。

【0035】なお、上述の式(7)からわかるようにヘルムホルツの共鳴器5の共鳴周波数 f_r は音速 c に依存する。この音速 c は排気通路1内を流れる排気ガスの温度によって変化する。従って、排気ガス温を検出する排気温センサを排気通路1内に配置し、この排気温センサにより検出された排気ガス温に基づいて共鳴周波数可変ピストン8の挿入長 L を補正するようにすることもできる。

【0036】図1に示すヘルムホルツの共鳴器5を内燃機関の典型的なメインマフラ50に組み込んだ実施例を図5に示す。なお図5に示す実施例において図1に示す実施例と同様の構成要素に対しては同一の参照符号を用いる。図5を参照すると、51はインレットパイプ、52はインナパイプ、53はアウトレットパイプ、54は拡張室を夫々示す。

【0037】図6に別の実施例を示す。図6に示す実施例は、内燃機関の排気通路や吸気通路以外の流体通路60内に発生した騒音を低減するのに本発明を適用した場合を示している。図6において流体通路60の左側が騒音の発生源に連通している。連通管3と流体通路60との連通部に対して騒音の発生側に位置する流体通路60内にマイクロホン61が配置されている。このマイクロホン61は、流体通路60内に発生した騒音の周波数 f_n を検出するためのものである。このマイクロホン61の出力電圧はAD変換器62を介して入力ポート25に入力される。

【0038】図6に示す実施例ではマイクロホン61の出力信号から求まる流体通路60内の騒音の周波数 f_n に基づいて、図1に示す実施例の場合と同様にして共鳴器5の共鳴周波数 f_r が騒音の周波数 f_n に等しくなるように、連通管3領域内に挿入された共鳴周波数可変ピストン8の挿入長 L が制御される。

【0039】

【発明の効果】共鳴器の共鳴周波数が連通管内に挿入されたピストンの挿入長に応じて線形に変化するので、流体通路内に発生した騒音の周波数に拘らずに共鳴器の共鳴周波数が騒音の周波数に精度良くかつ応答性良く一致するようにピストンの挿入長を容易に制御することがで

きる。その結果、流体通路内に発生した騒音の周波数に拘らずに共鳴器内の流体が騒音により良好に共鳴せしめられ、この共鳴により騒音が良好に吸収され、斯くして騒音を良好に低減させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】内燃機関の排気通路に適用された騒音低減装置の全体図である。

【図2】ピストンの挿入長と共鳴器の共鳴周波数との関係を説明するための図である。

【図3】ピストンの挿入長と共鳴器の共鳴周波数との関係を調べた実験結果および計算結果を示す線図である。

【図4】ピストンの挿入長を制御する制御ルーチンを示すフローチャートである。

【図5】図1に示す共鳴器を内燃機関のメインマフラに

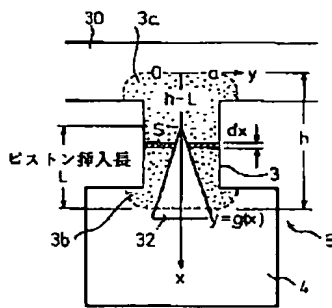
組み込んだ実施例を示す概略図である。

【図6】騒音低減装置の別の実施例を示す全体図である。

【符号の説明】

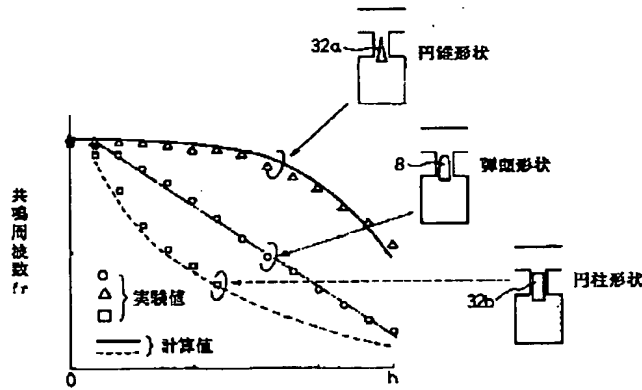
- 1…排気通路
- 3…連通管
- 4…空洞室
- 5…共鳴器
- 8…ピストン
- 10…リニアアクチュエータ
- 30…流体通路
- 32, 32a, 32b…ピストン
- 60…流体通路
- 61…マイクロホン

【図2】



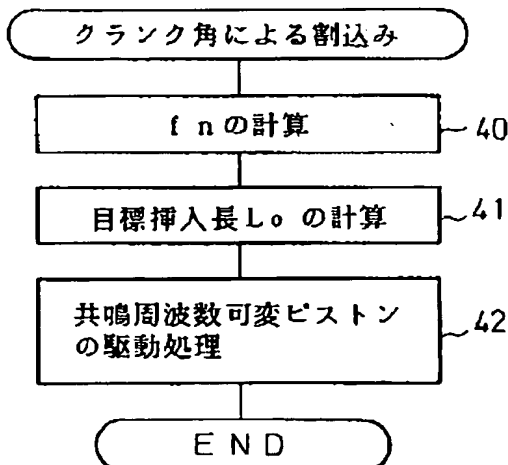
30…流体通路
32…ピストン

【図3】

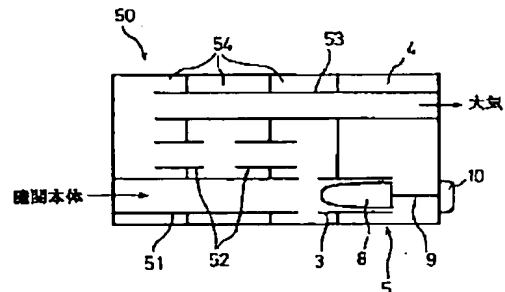


32a, 32b…ピストン

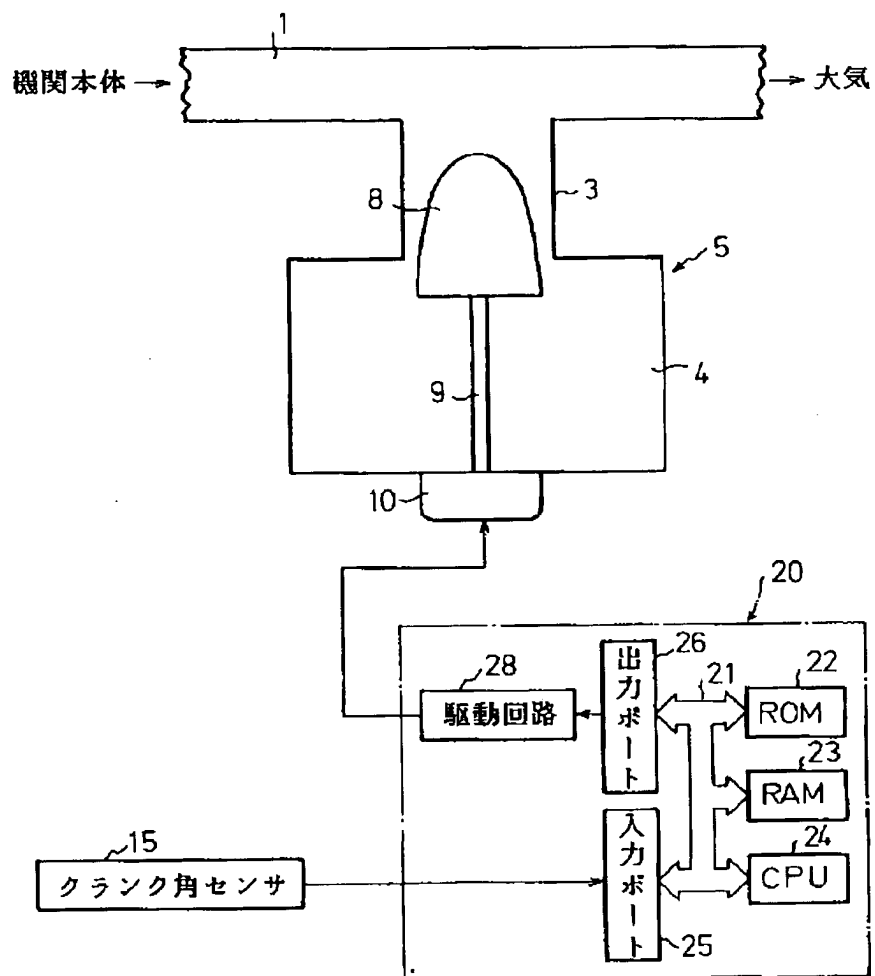
【図4】



【図5】



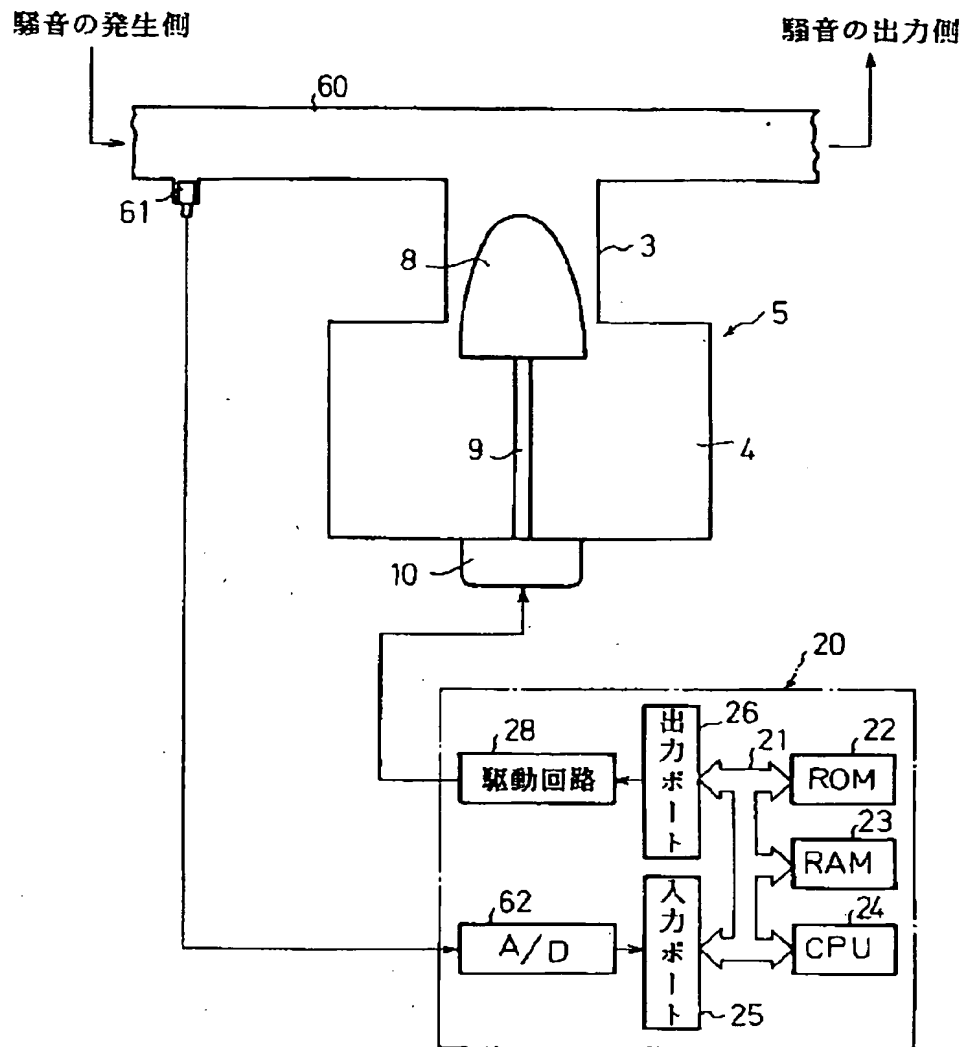
【図1】



1 … 排気通路
3 … 連通管
4 … 空洞室

5 … 共鳴器
8 … ピストン
10 … リニアアクチュエータ

【図6】



60…流体通路

61…マイクロホン

THIS PAGE BLANK (USPTO)